

颖展电子高精度时钟芯片 DS3231 的接口应用

编辑：颖展电子

官网：www.yzic88.com

日期2016-08-16

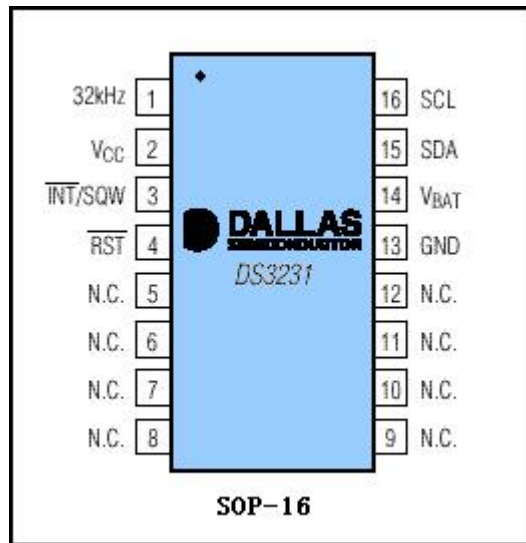
[1]. 前言

在许多单片机的测控系统和家用电器中都含有时钟显示部分,最廉价的是直接使用单片机中的定时器,辅以一定的中断服务程序,构成时钟显示部分,这种方式是几乎不需要增加新的硬件即可实现,缺点是计时误差大,同时电源掉电不能保持时钟继续运行。在相对要求较高的场合,则使用廉价的时钟芯片(如 DS1302等等)辅以备用电池,计时精度略高,可满足一般的要求。

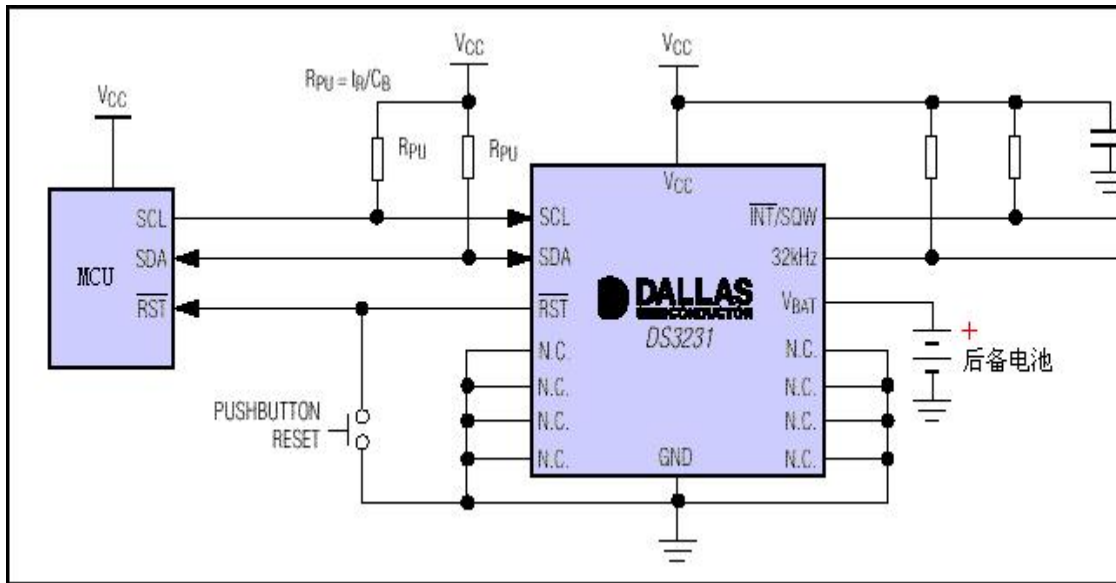
在这篇文章中,我们重点介绍高精度时钟电路 DS3231的设计和應用。在 DS1302普及型时钟芯片,晶体均需外置,由于晶体的离散性,很难选择到精度很高的器件,同时也没有温度补偿电路,不同的温度环境下,晶体的特性也在变化,直接影响着时钟的振荡频率,较大的误差在所难免。而 DS3231高精度时钟芯片,将晶体和温度补偿均集成在芯片中,为提高计时精度提供了可能,实册证明,使用 DS3231时钟芯片,误差可做到一年小于一分钟,甚至部分显示器误差可小于20秒/一年。这对有相对精确时钟要求的应用场合是个理想的选择。

[2]. DS3231时钟芯片结构原理

DS3231是一款高精度 I²C 实时时钟(RTC)器件,具有集成的温度补偿晶体振荡器(TCXO)。该器件包含电池输入端,断开主电源时仍可保持精确计时。集成的晶体振荡器可提高器件的长期精确度。DS3231的寄存器能保存秒、分、时、星期、日期、月、年和闹钟设置等信息。少于31天的月份,可自动调整月末日期,包括闰年补偿。时钟的工作格式为24小时或带 AM / PM 指示的12小时格式。DS3231提供两个可编程日历闹钟和一路可编程方波输出。DS3231与单片机通过 I²C 双向串行总线传输地址与数据。



下图为 DS3231典型应用电路,图中可看出,DS3231几乎不需要外部元件。

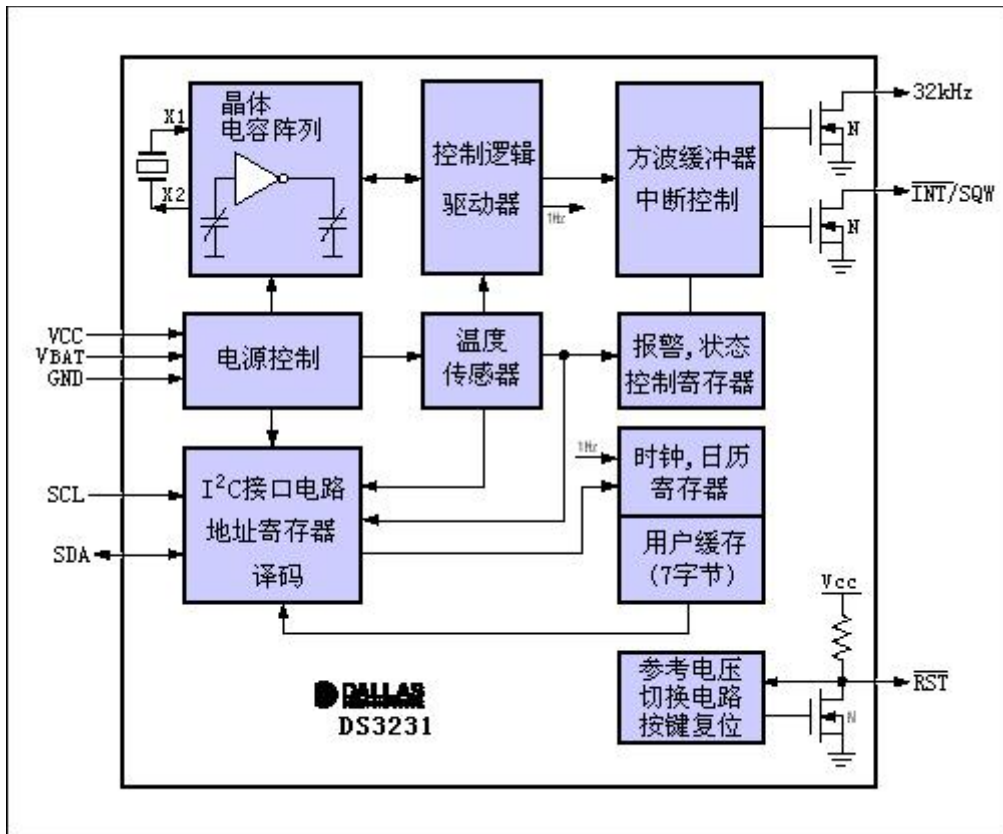


[3]. DS3231时钟芯片结构

如图1所示，DS3231的主要组成部分有8个模块，划分为4个功能组：TCXO、电源控制、按钮复位和 RTC。

1. 32 kHz 的 TCXO

TCXO 包括温度传感器、振荡器和控制逻辑。控制器读取片上温度传感器输出，使用查表法确定所需的电容，加上 AGE 寄存器的老化修正。然后设置电容选择寄存器。仅在温度变化或者用户启动的温度转换完成时，才加载包括 AGE 寄存器变化的新值。VCC 初次上电时就会读取温度值，然后每隔64 s 读取一次。



2. DS3231的内部寄存器及功能

DS3231寄存器地址为00h~12h，分别用于存放秒、分、时、星期、日期及闹钟设置信息。在多字节访问期间，如果地址达到RAM空间的结尾12h处，将发生卷绕，此时定位到开始位置即00h单元。DS3231的时间和日历信息通过读取相应的寄存器来设置和初始化。用户辅助缓冲区用于防止内部寄存器更新时可能出现的错误。读取时间和日历寄存器时，用户缓冲区在任何START条件下或者寄存器指针返回到零时与内部寄存器同步。时间信息从这些辅助寄存器读取，此时时钟继续保持运行状态。这样在读操作期间发生主寄存器更新时可以避免重新读取寄存器。以控制寄存器(地址为0Eh)为例，可以控制实时时钟、闹钟和方波输出。其各bit定义如下表。

控制寄存器 (0Eh)

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
$\overline{\text{EOSC}}$	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE
0	0	0	1	1	1	0	0

BIT7位: 使能振荡器(EOSC)。设定为逻辑0时，启动振荡器。如果设定为逻辑1，在DS3231电源切换至VBAT时，振荡器停止。初次上电时该位清零(逻辑0)。当DS3231由VCC供电时，振荡器与EOSC位的状态无关，始终保持工作状态。

BIT6位：电池备份的方波使能(BBSOW)。当设定为逻辑1并且 DS3231由 VBAT 引脚供电时，在没有加载 VCC 的情况下，该位使能方波输出。当 BB-SQW 设定为逻辑0时，若 VCC 降至低于电源故障门限值，则 INT / SQW 引脚变为高阻抗。初次上电时，该位清零(逻辑0)。

BIT5位：转换温度(CONV)。该位置为1时，强制温度传感器将温度转换成数字，并执行 TCXO 算法更新振荡器的电容阵列。只在空闲期间有效。状态位 BSY=1时，禁止设定转换温度位。用户在强制控制器开始新的 TCXO 操作之前。应检查状态位 BSY。用户启动的温度转换不影响内部64 s 更新周期。用户启动的温度转换在大约2 ms 内不会影响 BSY 位。CONV 位从写入开始直到转换完成一直保持为1，转换完后，CONV 和 BSY 均变为0。在监视用户启动转换状态时，应使用 CONV 位。

BIT4和 BIT3位：频率选择(RS2和 RS1)，初次上电时，BIT4和 BIT3 设置为逻辑1。方波使能时用于控制方波输出的频率。RS1、RS2的逻辑值与方波输出频率的关系如表2所列。

方波输出频率与RS0, RS1设置关系

RS2	RS1	方波输出频率
0	0	1Hz
0	1	1.024kHz
1	0	4.096kHz
1	1	8.192kHz

BIT2位：中断控制(INTCN)。该位控制 INT / SQW 信号。INTCN 置为0时，INT / SQW 引脚输出方波；INTCN 置为1时，若计时寄存器与任何一个闹钟寄存器相匹配，则会触发 INT / SQW 信号(如果也使能闹钟的话)。匹配时相应的闹钟标志总是置位，而与 INTCN 位的状态无关。初次上电时，INTCN 位置为逻辑1。

BIT1位：闹钟2中断使能(A2IE)。该位置为逻辑1时，允许状态寄存器中的闹钟2标志位(A2F)触发 INT / SQW 信号(当 INTCN=1时)。当 A2IE 位置为0或者 INTCN 置为0时，A2F 位不启动中断信号。初次上电时，A2IE 位清零(逻辑0)。

BIT0位：闹钟1中断使能(A1IE)。该位置为逻辑1时，允许状态寄存器中的闹钟1标志位(A1F)触发 INT / SQW 信号(当 INTCN=1时)。当 A1IE 位置为0或者 INTCN 置为0时，A1F 位不启动 INT / SQW 信号。初次上电时，A1IE 位清零(逻辑0)。

3. DS3231的电源控制

电源控制功能由温度补偿电压基准(VPF)和监视 VCC 电平的比较器电路提供。当 VCC 高于 VPF 时，DS3231由 VCC 供电，当 VCC 低于 VPF 但高于 VBAT 时，DS3231由 VCC 供电；当 VCC 低于 VPF 并低于 VBAT 时，DS3231由 VBAT 供电。为保护电池，VBAT 首次加到器件时振荡器并不启动，除非加载 VCC，或者向器件写入一个有效的 I2C 地址。典型的振荡器启动时间在1 s 以内。在 VCC 加电后或者有效的 I2C 地址写入后大约2 s，器件会测量一次温度，并使用计算的修正值校准振荡器。一旦振荡器运行，只要电源(VCC 或者 VBAT)有效就会一直保持工作状态。器件每隔64 s 进行一次温度测量并校准振荡器频率。

4. DS3231的时钟和日历 RTC

可以通过读取适当的寄存器字节获得时钟和日历信息。通过写入适当的寄存器字节设定或者初始化时钟和日历数据。时钟和日历寄存器的内容采用二-十进制编码(BCD)格式。DS3231运行于12小时或者24小时模式。小时寄存器的第6位定义为12或24小时模式选择位。该位为高时,选择12小时模式。在12小时模式下,第5位为AM / PM 指示位,逻辑高时为PM。

5. DS3231的复位按钮

DS3231具有连接至RST输出引脚的按钮开关功能。若DS3231不在复位周期,会持续监视RST信号的下降沿。如果检测到一个边沿转换,DS3231通过拉低RST完成开关去抖。内部定时器定时结束后,DS3231继续监视RST信号。如果信号依旧保持低电平,DS3231持续监视信号线以检测上升沿。一旦检测到按钮释放,DS3231强制RST为低电平并保持tRST。RST还可用于指示电源故障报警情况。当VCC低于VPF时,产生内部电源故障报警信号,并强制拉低RST引脚。当VCC返回至超过VPF电平时,RST保持低电平大约250ms(tREC),使供电电源达到稳定。如果在VCC加载时,振荡器不工作,将跳过tREC,RST立刻变为高电平。

6. DS3231的闹钟和报警功能

DS3231包含2个定时 / 日期闹钟。闹钟1可通过写入寄存器07h~0Ah设定。闹钟2可通过写入寄存器0Bh~0Dh设定。可对闹钟进行编程(通过控制寄存器的闹钟使能位和INTCN位),从而在闹钟匹配条件下触发INT / SQW输出。每个定时 / 日期闹钟寄存器的第7位是屏蔽位。当每个闹钟的屏蔽位均为逻辑0时,只有当计时寄存器中的值与存储于定时 / 日期闹钟寄存器中的对应值相匹配时才会告警。闹钟也可以编程为每秒、分、时、星期或日期重复告警。当RTC寄存器值与闹钟寄存器的设定值相匹配时,相应的闹钟标志位A1F或A2F置为逻辑1。如果对应的闹钟中断使能位A1IE或A2IE也置为逻辑1,并且INTCN位置为逻辑1,闹钟条件将会触发INT / SQW信号。RTC在时间和日期寄存器每秒更新时都会检测匹配情况。

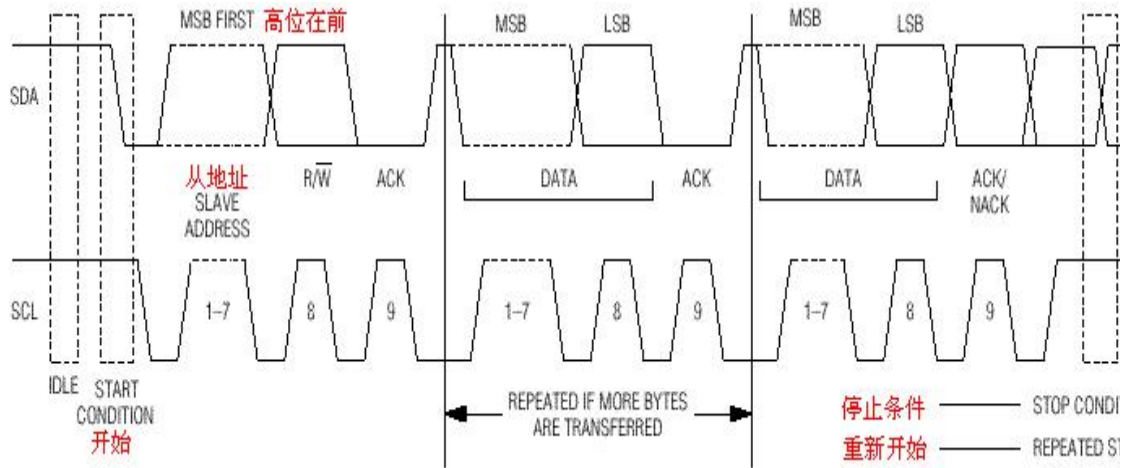
7. DS3231的I²C总线时序,数据交换及其格式及编程注意事项

DS3231在I²C总线上作为从器件。通过执行START命令并且在验证器件地址后才可以访问。然后寄存器可以被访问直到执行一个STOP命令为止。

所有在I²C总线上传输的地址包长度均为9位,它包括7个地址位,1个R / W控制位和1个应答位ACK,如果R / W为1,则执行读操作;如果R / W为0,则执行写操作。从机寻址后,必须在第9个SCL(ACK)周期通过拉低SDA做出应答,若从机忙或者无法响应主机,则应在ACK周期内保持SDA为高。然后主机发出STOP状态或者REP START状态重新开始发送。地址包包括从机地址和称为SLA+R或者SLA+W的READ或者WRITE位。地址字节的MSB首先被发送。所有1111xxxx的地址均保留。以便将来使用。

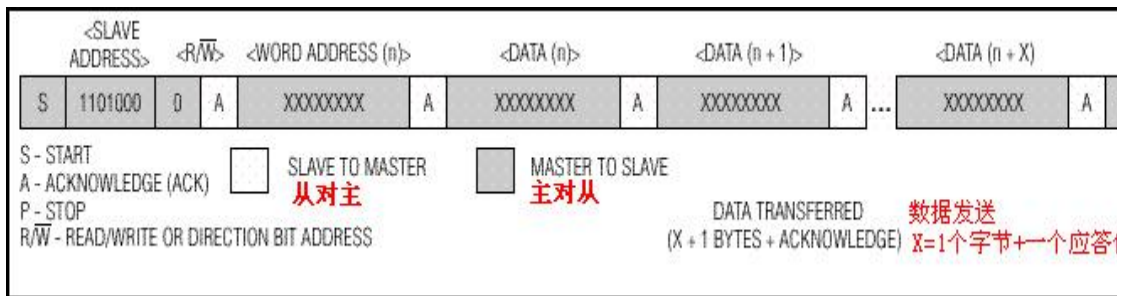
所有在I²C总线上传送的数据包长度均为9位,它包括8个数据位和1个应答位。在数据传送中,主机产生时钟及START与STOP状态,而接收器响应接收。应答是由ACK在第9个SCL周期拉低SDA实现的。如果接收器拉高SDA,则发送NACK信号。如果接收器由于某种原因不能接收更多数据,应在最后一个数据字节后发出NACK信号告诉发送器停止发送,首先发送数据的MSB。

下图为DS3231与MCUI²C总线数据交换时序:

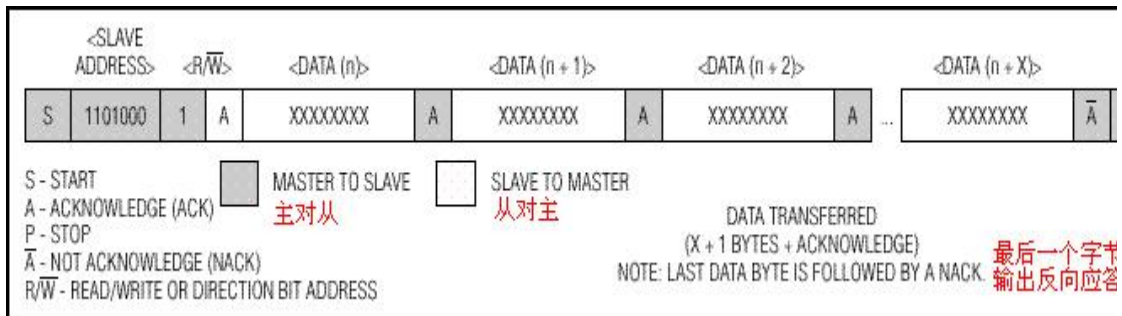


DS3231通过双向数据线 SDA 和时钟线 SCL 与外界进行数据交换，从其时序关系可看出，DS3231 有两种操作方式：

写操作：把 SDA 数据线上的数据按 RAM 指定的首地址(Word Address)依次写入 N 个字节数据。主器件首先传输从器件的地址字节，紧接着是一系列数据字节。从器件每收到一个字节后返回一个应答位 ACK。其格式下图所示。

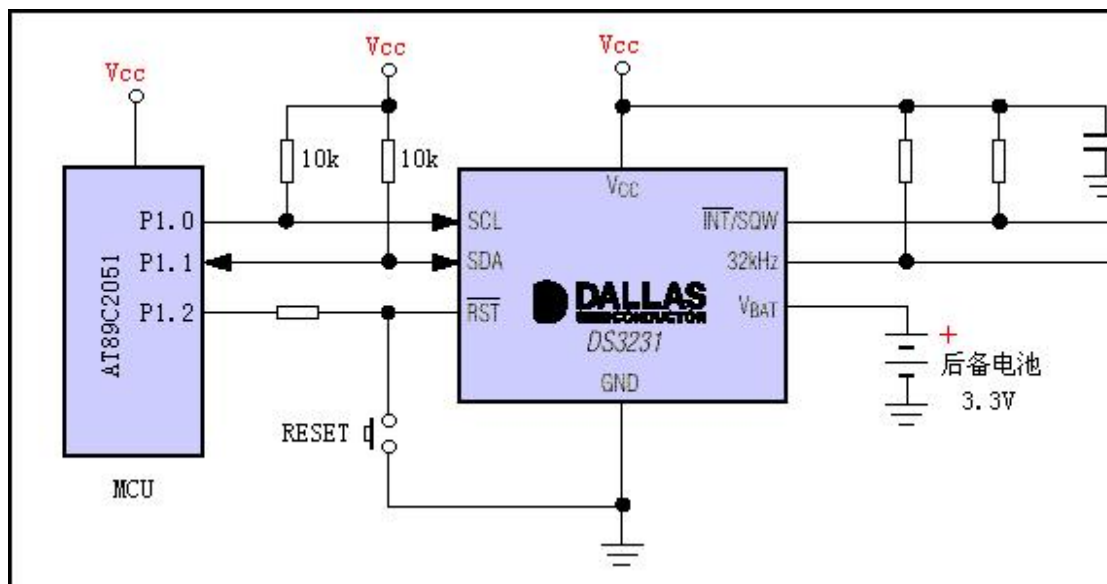


读操作：按 RAM 指定的首地址依次读取 N 个字节数据，主器件首先传输从器件地址。从器件返回一个应答位。随后是从器件传输的一系列数据字节。主器件收到除最后一个字节外的所有字节后返回一个应答位。在收到最后一个字节后，返回一个“非应答位” NACK。其格式下图所示。



上述读写操作信号中：S 为起始信号(START)，1101 000为 DS3231的口地址，A 为应答信号 ACK，A 为非应答信号 NACK，P 为停止信号(STOP)。主器件产生所有的串行时钟和 START、STOP 条件，通过传输 STOP 和重发 START 条件使其停止。

4. DS3231与 AT89C2051单片机的接口电路



其实，可以使用 AT89C2051单片机的任何两个 I/O 口与 DS3231相连接，复位部分也可取消。编程时需认真分析 DS3231的时序，哪怕一个应答位的编程时序错误，也不能正确读写 DS3231。同时需注意，因为 C51单片机的特点，在将 SDA 拉低后（此时为输出口），如果下一步是当做输入口，结束任务后应将此端口拉高，否则 DS3231的输出不能使该输出口置1。

更详细的数据手册，请阅读 [\[DS3231数据手册\] English](#)

下图为一款 DS3231实验板实物图

